

BOOK REVIEWS

EDUCATIO PHYSICORVM



Juan Miguel Suay Belenguer¹

¹ *Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Departamento de Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia. Facultad de Filosofía, Dirección correspondencia: Calle El de Pagan, 44, 03550 - San Juan de Alicante (Alicante) España.*

E-mail: jm_suay@yahoo.com

(Recibido el 21 de Abril de 2012; aceptado el 14 de Junio de 2012)

Resumen

La obra en dos volúmenes, *El Desafío de Einstein*, de Rafael Alemañ, que constituye una auténtica historia de las teorías de unificación en el siglo XX, por su extensión y rigor carece de precedentes en el mercado editorial en cualquier lengua y sin duda está llamada a convertirse en un clásico en su género.

Palabras clave: Relatividad, Einstein, unificación, espacio-tiempo, cuántica, gauge.

Abstract

The two-volume opus, *The Challenge of Einstein*, from Rafael Alemañ, which is a proper history of the unification theories in the twentieth century, is for its size and rigor an unprecedented work in the publishing market in any language, and undoubtedly it is to become a classic in its genre.

Keywords: Relativity, Einstein, unification, space-time, quantum, gauge, unification.

PACS: 01.30.Vv, 01.65.+g, 01.70.+w, 01.75.+m.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad podemos abrir un libro texto de física, y comprobar que está lleno de ecuaciones, teorías y leyes que llevan asociado un nombre o un apellido. Estos nombres y apellidos pertenecen a científicos que dedicaron su vida a desmarañar y explicar cómo funciona la naturaleza. En ocasiones nos habremos preguntado cómo estos físicos gestaron sus teorías, la lectura de *El Desafío de Einstein* nos ayudará a conocer la labor de estos científicos en el desarrollo de la física en los últimos cien años.

II. BUSCANDO LA UNIFICACIÓN

El título de la obra es representativo del espíritu que el autor ha pretendido transmitir. La obra de Einstein, más allá de sus teorías de la relatividad, formuló un interrogante que se ha cernido sobre gran parte de la física teórica del siglo XX prolongándose hasta el XXI. La cuestión es: ¿Seremos capaces de encontrar una teoría unificada de las fuerzas fundamentales de la naturaleza; aún más, ¿surgirán la materia y los campos, e incluso el propio espacio-tiempo, como diversas manifestaciones de una realidad subyacente, tan rica y profunda que todavía no hemos podido atisbarla? En este sentido, Einstein planteó un reto al cual se ven obligados a enfrentarse ineludiblemente todos los físicos de su posteridad, en tanto busquen una explicación integral para el devenir del universo. Porque Einstein –al margen de

sus defectos personales, que también los tuvo como todo ser humano– fue un individuo dominado por una visión sobre el cosmos, una visión sobre los fundamentos últimos del mundo físico que luchó por concretar hasta su último aliento. Buena parte de la ciencia del medio siglo posterior no podría concebirse sino a la luz de esta pugna.

La organización de la obra refleja esta concepción del relato como la narración de una historia humana con una meta intelectual –la ansiada “teoría del campo unificado”– que preside, aun en su ausencia, el curso de los acontecimientos. Como toda historia enjundiosa, no ha de entenderse plenamente sin atender a sus antecedentes, y a ellos se dedica la introducción, que por sí misma constituye una valiosa pieza divulgativa sobre la ciencia anterior a la vida de Einstein. El primer volumen de los dos en que se divide la obra abarca desde el nacimiento de las teorías de la relatividad hasta aproximadamente los años del fallecimiento de Einstein, tras la Segunda Guerra Mundial, y la consolidación de la teoría cuántica como paradigma científico de la ciencia básica. No es una elección casual, pues en años posteriores se asistirá a una suerte de renacimiento de la cosmología relativista que contribuirá a su vez con nuevas perspectivas sobre el problema de la unificación.

El primer capítulo se ocupa del nacimiento de la relatividad especial y la general, con las primeras repercusiones que estas teorías tuvieron en la comunidad científica –e incluso en el público profano– de su época. En relación con ello se expone el fallido intento de unir

Juan Miguel Suay Belenguer

gravidad y electromagnetismo del finlandés Gunnar Nordström (1881–1923), el primero de muchos otros que correrían el mismo destino. El capítulo segundo (“Disecionando el espacio-tiempo”), pasa revista a las diferentes estructuras matemáticas con que se ha equipado el concepto de espacio-tiempo, puesto que ha sido en la potencia y flexibilidad de tales estructuras donde se buscó durante mucho tiempo el camino hacia la teoría unificada.

A partir de los esfuerzos de David Hilbert (1862–1943) para combinar electricidad y gravitación, el tercer capítulo subraya el comienzo de un divorcio entre puntos de vista que nunca llegaron a converger. Por una parte, la interpretación geométrica tetradimensional situaba los procesos físicos en el marco de un espacio-tiempo que no se dejaba reducir con facilidad a los espacios figurativos de la mecánica analítica, donde el formalismo hamiltoniano había demostrado su fertilidad en tantas áreas de la física. El hecho de que ambas teorías de la relatividad pudiesen reescribirse en el lenguaje de los principios variacionales –y nunca sin controversias– no significaba que la concepción de la naturaleza que subyacía en esta planteamiento alternativo fuese por completo equiparable a la que alentaban Einstein y sus seguidores.

Los siguientes cinco capítulos exponen con gran lujo de detalles las diversas tentativas que en el entorno de la geometría espacio-temporal se dieron con el fin de hallar la teoría de unificación definitiva. Aunque muchos de estos trabajos se entrecruzaron, el autor trata de mantener una mínima sucesión cronológica comenzando por Hermann Weyl (1885–1955), con su “geometría infinitesimal pura” – que sería un anticipo de las posteriores teorías gauge –, las primeras apariciones de la quinta dimensión de la mano de Kaluza (1885–1954) y Oskar Klein (1894–1977), las aportaciones de Edwin Schroedinger (1887–1961) y Arthur Eddington (1882–1944), los esfuerzos baldíos del propio Einstein, y muy especialmente la torsión geométrica de Élie Cartan (1869–1951), que Einstein redescubrió bajo el nombre de “paralelismo absoluto”. Ninguna de ellas pervivió en su forma original, pues todas se demostraron ineficaces para el fin perseguido, pero no es menos cierto que en su mayoría mutaron para transitar por nuevos y fructíferos caminos en las ciencias físicas, olvidándose en muchos casos de sus orígenes históricos.

Todavía en el primer volumen de la obra, el capítulo 9 (“La revolución cuántica”) marca el comienzo de un giro en los acontecimientos. El segundo gran paradigma físico del siglo XX, junto con la relatividad, se consolida tras sus primeros balbuceos en manos de Max Planck (1858–1947) y Niels Bohr (1885–1962) para eclosionar definitivamente en manos de Werner Heisenberg (1901–1976), Erwin Schroedinger (1887–1961) y Paul Dirac (1902–1984). De hecho, se percibe en este capítulo el empeño del autor por esclarecer las premisas básicas de la física cuántica en relación con sus consecuencias más controvertidas (desigualdades de Heisenberg, significado de la función de onda, paradoja del gato de Schroedinger) siempre en términos de un realismo filosófico explícito.



FIGURA 1. El Desafío de Einstein, Vol. I.

La visión cuántica de la naturaleza rompe radicalmente con la cosmovisión relativista, incluso en el caso de la relatividad especial, y a ello se dedica un denso aunque no menos interesante capítulo 10, titulado “¿Es el mundo cuántico o relativista?”. En él se revelan, explorando la célebre paradoja EPR, las raíces de la aparente incompatibilidad entre la interpretación geométrica que ubica los fenómenos físicos en un escenario espacio-temporal ajeno a las nociones usuales del devenir, y la esencia probabilista de la teoría cuántica, que choca frontalmente con la dicha plasmación geométrica de las relaciones causales. Tan a menudo como se insiste en las dificultades de conciliar la teoría cuántica con la relatividad general, se agradece una profundización tan extensa como hace el autor sobre los olvidados escollos que se alzan en esa misma cuestión cuando concierne a la relatividad especial.

III. DE LOS CUANTOS A LAS SUPERCUERDAS

El capítulo 11, “El triunfo del álgebra en la física”, constituye un punto de transición, por cuanto refleja la preponderancia que rápidamente ganaría la física cuántica sobre la relativista, a causa de la muy superior abundancia de resultados experimentales vinculados a esta última. Este predominio implicaría que los métodos asociados al quehacer cuántico (funcionales, espacios de Hilbert, cálculos estocásticos) acabarían perneando casi toda la física teórica en perjuicio de la mentalidad y el estilo de pensamiento de la comunidad relativista. A lo largo de este capítulo se relata el origen histórico –con frecuencia poco conocido– de conceptos tan usuales hoy entre los físicos y matemáticos como el de grupo algebraico, matriz, operador, fibrado, espacio de Hilbert, etc.



FIGURA 2. El Desafío de Einstein, Vol. II.

Este tema se prolonga en el capítulo 12 (“La teoría de grupos en la física cuántica”), ya en el volumen II de la obra, especializándose en la aplicación concreta de la teoría de grupos a la naciente física cuántica. Junto con Weyl, Eugene Wigner (1902–1995) aparece como figura descollante en esta empresa. Los invariantes hallados de este modo permiten descubrir nuevas e insospechadas propiedades de los sistemas cuánticos, aclarando estructuras moleculares y avanzando hacia la apertura de nuevos campos de investigación, como la hoy bien establecida química cuántica. Desde luego, el influjo de la teoría de grupos y sus invariantes asociados no podía limitarse al ámbito cuántico, sino que también irrumpiría con fuerza en el terreno de la relatividad. A ello se dedica el capítulo 13, donde se glosa la figura histórica de la matemática alemana Amalie Noether (1882–1935), tan brillante como oscurecida por las circunstancias históricas y también –lamentable es decirlo– por el hecho de haber sido mujer. En este capítulo Alemán insiste en el talento de Noether resaltando con nitidez las trascendentales repercusiones de sus dos teoremas de conservación sobre la posteridad de la física teórica.

Los desarrollos de la teoría cuántica no se detuvieron tras Heisenberg y Schroedinger, como queda bien patente en el capítulo 14, donde se expone el descubrimiento de la antimateria, de la antimateria y de la ecuación de Dirac que pretendía generalizar la ecuación de Schroedinger en el contexto de la relatividad especial. La introducción de las ideas de Weyl en el seno de la física cuántica (capítulo 15) dio origen a las teorías gauge, que pretenden deducir la existencia de ciertas interacciones a partir de requisitos de simetría interna. Aquí se aborda de manera diáfana –y Alemán no contemporiza al respecto– el debate sobre el carácter gauge de la gravedad. ¿Es la gravitación una fuerza natural reducible al lenguaje de las teorías gauge o no lo es? No es un dilema menor, pues dependiendo de la respuesta que ofrezcamos a este interrogante la búsqueda de una teoría unificada ha de tomar una dirección u otra.

En relación con ello se eleva el llamado “problema del tiempo congelado”: cuando tratamos de reformular la relatividad general como una teoría gauge con ligaduras

resulta que todos los instantes del tiempo son dinámicamente equivalentes; es decir, no hay cambio alguno ni por ello procesos físicos tal como los conocemos. El autor analiza los distintos puntos de vista acerca del asunto, y concluye que aun cuando la mayoría de los especialistas han decidido que sí lo es –bien por convicción o por comodidad– la cuestión se halla lejos de haber quedado resuelta.

Los dos siguientes capítulos (caps. 16 y 17) se ocupan del nacimiento de las teorías cuánticas de campos, para las cuales toda interacción física se entiende como un intercambio de bosones de algún tipo entre los fermiones que forman la materia. Y sin menospreciar la soberbia precisión de sus pruebas experimentales ni esconder sus aspectos más espinosos, el autor cuestiona extremos dudosos como la licitud matemática y física de las técnicas de renormalización, o el difícil estatus epistemológico de algunas premisas de la cromodinámica cuántica. Ventajas e inconvenientes son puestos por igual en la balanza, y el autor, con gran osadía, no duda en cuestionar la pertinencia final de algunas de las nociones básicas de lo que es el tronco del que brotan algunas de las teorías físicas mejor confirmadas experimentalmente.

Los capítulos 18 y 19 narran el renacimiento del interés en la comunidad científica por la relatividad general y la cosmología en la segunda mitad del siglo XX. El *Big Bang* y el destino final del cosmos, la expansión del universo, la constante cosmológica, o la propia idea de “agujeros negros”, conectan con el imaginario popular devolviendo las teorías de Einstein al centro del escenario intelectual tras haber perdido preeminencia ante el empuje de la física cuántica. El universo en sus primeros momentos se revela así como un gigantesco laboratorio en el que poner a prueba las predicciones de la relatividad general, predicciones que hasta ahora siempre se han visto corroboradas.

En el capítulo 21 se nos presenta la fascinante historia de la unificación entre la fuerza nuclear débil y el electromagnetismo a través de un mecanismo de ruptura espontánea de simetría que ha devenido extraordinariamente famoso gracias a su principal protagonista, el bosón de Higgs, y la búsqueda a la que éste se halla sometido en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN en Ginebra. No solo el autor se ocupa de explicar de forma accesible a los físicos no especializados esta teoría electro-débil, sino que además se permite dudar de la absoluta licitud de los fundamentos en que se basa tal unificación. En de desbordante entusiasmo entre expertos y profanos acerca de la inminente confirmación experimental del bosón de Higgs, no deja de ser refrescante la postura de Alemán, quien no niega la posible existencia de esta partícula pero sí pone en duda que de existir cumpla exactamente el papel que muchos teóricos esperan de ella.

El capítulo 22 da un paso adelante y se enfrenta a las Teorías de Gran Unificación (TGU, o *GUT* en inglés), basadas en una peculiar transformación de simetría, la supersimetría, capaz de vincular fermiones y bosones en un único esquema formal. El hecho de que no se cumpliera la predicción de estas teorías sobre la desintegración

Juan Miguel Suay Belenguer

espontánea de los protones, no ha debilitado la confianza de quienes persiguen nuevas ampliaciones de este concepto con poderío suficiente para subsumir todas las fuerzas fundamentales de la naturaleza en una definitiva teoría unificada. El legado de las TGU se deja sentir hoy en la aceptación casi general de la necesidad de múltiples dimensiones en las teorías de unificación –diez, once, o más una veintena– muy por encima de las expectativas de Kaluza y Klein. Como en otros capítulos anteriores, el autor pone en tela de juicio la interpretación física de la supersimetría a la vez que aporta un sucinto ejemplo de su actuación.

Uno de los capítulos más interesantes, por la popularidad que el tema ha alcanzado entre el público general, es el vigésimo tercero, que abarca la historia de las primeras teorías de cuerdas hasta su evolución en las membranas n -dimensionales de las que se ocupa la presunta teoría M. Además de un interesante recorrido histórico por los orígenes de la teoría de cuerdas, como vía de escape a la preocupante sequía de nuevas ideas en la búsqueda de la unificación, se pasa revista al paulatino enriquecimiento de estas teorías que acabaron combinándose con las operaciones de supersimetría dando lugar a las supercuerdas. Cuando esto no fue suficiente se paso a especular con objetos de más complicados que supercuerdas unidimensionales, y así desembocamos en las p -branas al amparo de una hipotética teoría M que nunca llega a concretarse. Ese es el flanco descubierto por donde las supercuerdas reciben las mayores y más contundentes críticas. La multiplicación casi infinita de modelos equivalentes en estas teorías, acaba privándolas de sentido como instrumento de explicación racional del mundo físico, algo difícilmente aceptable por quienes han dedicado su entera vida profesional a este empeño.

Tampoco corre mucha mejor suerte la gravedad cuántica de lazos (capítulo 24), esgrimida a veces como la gran alternativa a las supercuerdas. A partir de un cóctel de exóticas ideas físicas y matemáticas (redes espinoriales, bucles de Wilson, variables de Ashtekar, etc.) se propone un espacio reticular –o con algún tipo de discontinuidad– a partir del cual emergería el espacio-tiempo clásico, los principios de relatividad e incluso los rasgos básicos de la física cuántica. Pero la receta no acaba de funcionar y permanece como una eterna promesa de futuro, un paradigma a consolidar definitivamente en un mañana que jamás llega.

El capítulo 25, último de la narración histórica, recoge una miscelánea de ideas atrevidas y novedosas que en la frontera entre los siglos XX y XXI descollan por su originalidad, aun sin garantías de perpetuarse. Desde la Teoría del Todo “excepcionalmente simple” de Garrett Lisi, basada en un grupo especial de simetría (teoría que ha

perdido mucha de su expectación inicial), hasta los preones y los trenzados topológicos, pasando por los twistores de Penrose y las geometrías no conmutativas. Todo parece valer, en principio, para arriesgarse a abrir camino en una aventura que algunos suponían de más corto recorrido, y que ahora sabemos que se extiende al menos durante un siglo sin mostrar indicios de un final a la vista.

La obra se cierra con un interesante apéndice en el que se despliegan las herramientas matemáticas básicas empleadas por la física fundamental a lo largo del siglo XX. Tanto vectores y tensores, como principios variacionales, geometrías simplécticas, de Riemann y no conmutativas, todos estos conceptos se alinean en las páginas de este anexo final no con ánimo puramente didáctico –no se dirigen a quienes ningún conocimiento previo tienen sobre ellos – sino de compendio y recordatorio.

VI. CONCLUSIONES

Se trata en suma de una obra monumental, no ya por su extensión –casi mil páginas y 2152 citas– sino porque rinde homenaje a la íntima aspiración que impulsa la búsqueda de unidad racional en la naturaleza. Una aspiración que, si bien fue vivida por Einstein con especial claridad, ha sido experimentada de un modo u otro por todos los humanos, científicos o no, antes y después de él.

Debe agradecerse a la laboriosidad del autor que hoy podamos disfrutar de una obra de esta índole, única en su género no solo en el mercado editorial hispanohablante sino también –hasta donde llegan mis conocimientos– en cualquier otro idioma.

En definitiva un libro con varias lecturas pero que nos muestra el viaje que se inicia con la explicación geométrica de la gravedad, los intentos de unificarla con el electromagnetismo, la aparición de la mecánica cuántica, la aparición de las nuevas fuerzas, la débil y la fuerte, etc. en fin un viaje que os invito a iniciar solo hay que abrirlo y empezar a leer la primera página.

REFERENCIAS

- [1] Alemañ, B. R. A., *El Desafío de Einstein Vol. I: En busca de la unificación*, (editorial URSS, Rusia, 2012), 117335 Moscú, Pr-t Nakhimovsky 56, ISBN: 978-5-396-00213-5, pp. 472.
- [2] Alemañ, B. R. A., *El Desafío de Einstein Vol. II: Un empeño inacabado*, (editorial URSS, Rusia, 2011), 117335 Moscú, Pr-t Nakhimovsky 56, pp. 504.